

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE FISICOQUÍMICA

MANUAL DE PRÁCTICAS
LABORATORIO DE EQUILIBRIO TERMODINÁMICO
CLAVE 1308

Elaborado y revisado por Profesores del Departamento de Físicoquímica:

Elaborado por:	Minerva Téllez O. Ramiro E. Domínguez D. Claudia Valverde.
Revisado por:	Irma Susana Rojas Tomé

PRÁCTICAS 5A y 5B. PROPIEDADES COLIGATIVAS DE ELECTROLITOS Y NO ELECTROLITOS

➤ OBJETIVO GENERAL

Experimentar para determinar el efecto que tiene la adición de cantidades diferentes de solutos sobre el abatimiento de la temperatura de congelación de un disolvente, para comparar las diferencias que se presentan en esta propiedad coligativa, dependiendo de la naturaleza del soluto.

➤ OBJETIVOS PARTICULARES

- a. Analizar la forma que presenta una curva de enfriamiento, para reconocer la temperatura correspondiente al cambio de fase líquido-sólido.
- b. Determinar la temperatura de congelación de del agua y de disoluciones acuosas de urea y de glucosa de diferente concentración, a partir de la construcción de curvas de enfriamiento, para calcular la magnitud del abatimiento de la temperatura de congelación del disolvente.
- c. Obtener la ecuación que describe la relación entre el abatimiento de la temperatura de congelación del agua y la concentración de las disoluciones, para calcular la constante crioscópica del agua.
- d. Analizar el valor y las unidades de la constante crioscópica obtenida para el disolvente, para comprender el significado de este parámetro y los factores que la afectan.
- e. Determinar la temperatura de congelación de del agua y de disoluciones acuosas de cloruro de sodio y de cloruro de calcio de diferente concentración, a partir de la construcción de curvas de enfriamiento, para calcular la magnitud del abatimiento de la temperatura de congelación del disolvente.
- f. Obtener la ecuación que describe la relación entre el abatimiento de la temperatura de congelación del agua y la concentración de las disoluciones de electrolitos, para calcular el factor de van't Hoff de cada soluto.
- g. Analizar el valor y las unidades del factor de van't Hoff obtenido para cada soluto, para comprender el significado de este parámetro y los factores que la afectan.
- h. Aplicar los conocimientos previos sobre disoluciones, para preparar los sistemas de estudio necesarios para el estudio del abatimiento de la temperatura de congelación.

➤ **PROBLEMA**

a. Calcular la constante crioscópica del agua a partir del estudio de disoluciones de no electrolitos.

b. Determinar el factor de van't Hoff para diferentes electrolitos.

*Revisar el Apéndice I.

➤ **REACTIVOS**

Urea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) 0.25, 0.50, 0.75, 1.0 m*	Agua destilada
Glucosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) 0.25, 0.50, 0.75, 1.0 m*	Hielo
Cloruro de sodio (NaCl) 0.25, 0.50, 0.75, 1.0 m*	
Cloruro de calcio (CaCl_2) 0.25, 0.50, 0.75, 1.0 m*	

➤ **EQUIPO**

Material por grupo

Balanza analítica	
-------------------	--

Material por equipo

Vaso de precipitados 100 mL	5	Vaso de precipitados 250 mL	1
Tubo de ensaye 13x100	5	Termómetro digital	1
Pipeta graduada 10 mL	5	Cronómetro	1
Propipeta	5	Palangana de plástico	1
Piseta	1	gradilla	1
Charola para pesar	5		
Espátula cromo-níquel	2		

➤ **DESARROLLO EXPERIMENTAL**

1. Preparar las disoluciones de urea, glucosa, cloruro de sodio y cloruro de calcio, a concentraciones 1.00, 0.75, 0.50 y 0.25 m.

2. Colocar aproximadamente 5 mL de agua en un tubo de ensayo.

2. Construir las curvas de enfriamiento para cada sistema incluido en la tabla 1 y determinar la temperatura de congelación. Registrar los datos en la tabla 2.

Algoritmo de cálculo.

Calcular la disminución de la temperatura de congelación (ΔT_c) para las disoluciones de no electrolitos y registrar los datos en la tabla 2.

TABLA 2. Valores de la temperatura de congelación y de la disminución de la temperatura de congelación del agua y de las disoluciones de y glucosa.

T_{cH_2O} _____ °C

Sistema	Disoluciones acuosas de NH_2CONH_2				Disoluciones acuosas de $C_6H_{12}O_6$			
	0.25 m	0.50 m	0.75 m	1.0 m	0.25 m	0.50 m	0.75 m	1.0 m
Concentración (m)								
T_c (°C)								
ΔT_c (°C)								

4. Elaboración de gráficas.

Trazar las gráficas de disminución de la temperatura de congelación (ΔT_c) en función de la concentración de urea y de glucosa, utilizando los datos de la tabla 2 (gráficas 1a y 1b).

RESULTADOS. SEGUNDA PARTE: DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE VAN'T HOFF PARA EL CLORURO DE SODIO Y EL CLORURO DE CALCIO.

1. Registrar en la tabla 3 los datos obtenidos para los sistemas conformados por los electrolitos.

TABLA 3. Datos de temperatura a diferentes tiempos para disoluciones de electrolitos.

		Temperatura (°C)								
Sistema	H ₂ O	Disoluciones acuosas de NaCl				H ₂ O	Disoluciones acuosas de CaCl ₂			
		0.25m	0.50m	0.75m	1.00m		0.25m	0.50m	0.75m	1.00m
Tiempo (min)	0.0m					0.0m				

2. Construir las curvas de enfriamiento para cada sistema incluido en la tabla 3 y determinar la temperatura de congelación. Registrar los datos en la tabla 4.

Algoritmo de cálculo.

Calcular la disminución de la temperatura de congelación (ΔT_c) para las disoluciones de electrolitos y registrar los datos en la tabla 2.

TABLA 4. Valores de la temperatura de congelación y de la disminución de la temperatura de congelación del agua y de las disoluciones de cloruro de sodio y de cloruro de calcio.

$T_c \text{ H}_2\text{O}$ _____ °C

Sistema	Disoluciones acuosas de NaCl			Disoluciones acuosas de CaCl ₂		
Concentración (m)	0.25 m	0.50 m	0.75 m	1.0 m	0.25 m	0.50 m
	0.50 m	0.75 m	1.0 m			

TC (°C)

□TC (°C)

4. Elaboración de gráficas.

Trazar las gráficas de disminución de la temperatura de congelación (ΔT_c) en función del producto de la concentración por KC, para las disoluciones de cloruro de sodio y de cloruro de calcio, utilizando los datos de la tabla 4 (gráficas 2a y 2b).

ANÁLISIS DE RESULTADOS. PRIMERA PARTE: DISOLUCIONES DE NO ELECTROLITOS.

1. Explicar qué ocurre en los sistemas de estudio cuando la temperatura permanece constante.
2. Describir el comportamiento de las curvas de enfriamiento de las disoluciones de urea y de glucosa.
3. Describir el comportamiento de las gráficas de la disminución de la temperatura de congelación en función de la concentración de urea y de glucosa y anotar las ecuaciones que las describen.
4. Anota el valor de las pendientes de las gráficas de la disminución de la temperatura de congelación en función de la concentración de urea y de glucosa (gráficas 1a y 1b). Incluye sus unidades y explica cuál es el significado de este valor. Comparar los valores obtenidos con el reportado en la literatura y calcular el porcentaje de error.

ANÁLISIS DE RESULTADOS. SEGUNDA PARTE. DISOLUCIONES DE ELECTROLITOS.

1. Explicar qué ocurre en los sistemas de estudio cuando la temperatura permanece constante.
2. Describir el comportamiento de las curvas de enfriamiento de las disoluciones de cloruro de sodio y de cloruro de calcio.
3. Describir el comportamiento de las gráficas de la disminución de la temperatura de congelación (ΔT_c) en función del producto ($C \times K_c$) para las disoluciones de cloruro de sodio y de cloruro de calcio (gráficas 2a y 2b). Anotar las ecuaciones que las describen.
4. Anota el valor de las pendientes de las gráficas de la disminución de la temperatura de congelación en función del producto ($C \times K_c$) para las disoluciones de cloruro de sodio y de cloruro de calcio (gráficas 2a y 2b). Incluye sus unidades y explica cuál es el significado de este valor. Compara los valores obtenidos con el reportado en la literatura y calcular el porcentaje de error.
5. Explicar por qué no se determinó el valor del factor de van't Hoff para las disoluciones de urea y de glucosa.

➤ ANÁLISIS DE RIESGOS

Tarea	Riesgos identificados	Nivel de riesgo	Medidas de control / Trabajo seguro
-------	-----------------------	-----------------	-------------------------------------

Manipulación de las disoluciones	Irritación de piel, ojos y vías respiratorias.	BAJO	La manipulación de las disoluciones se puede realizar con guantes. Los estudiantes y profesor portan, en todo momento, lentes de seguridad y bata.
----------------------------------	--	-------------	--

➤ REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alberty, R., Silbey, R. (2005). *Physical Chemistry*. John Wiley & Sons Inc.
2. Levine, I. (2004). *Fisicoquímica*. 5a. edición. Mc. Graw Hill.
3. Kuhn, H., Försterling, H-D., Waldeck, D.H. (2012). *Principios de Fisicoquímica*. 2a edición. CENGAGE Learning.
4. Capparelli, A.L. (2013). *Fisicoquímica Básica*. 1ª edición. Editorial de la Universidad de La Plata.
5. Kruk, J., Kaczmarczyk, K., Ptaszek, A., Goik, U., & Ptaszek, P. (2017). The effect of temperature on the colligative properties of food-grade konjac gum in water solutions. *Carbohydrate Polymers*, 174, 456–463. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.06.116>
6. Chaudhury, A., Dendi, V. S., & Mirza, W. (2016). Colligative Property of ATP: Implications for Enteric Purinergic Neuromuscular Neurotransmission. *Frontiers in Physiology*, 7, 500. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00500>
7. Proniuk, S., & Blanchard, J. (2001). Influence of degree of substitution of cyclodextrins on their colligative properties in solution. *Journal of pharmaceutical sciences*, 90(8), 1086–1090. <https://doi.org/10.1002/jps.1062>
8. Stowell C. P. (2005). What happened to blood substitutes? *Transfusion Clinique et Biologique : Journal de la Societe Francaise de Transfusion Sanguine*, 12(5), 374–379. <https://doi.org/10.1016/j.tracli.2005.10.002>
9. Mazzobre, M. F., Longinotti, M. P., Corti, H. R., & Buera, M. P. (2001). Effect of salts on the properties of aqueous sugar systems, in relation to biomaterial stabilization. 1. Water sorption behavior and ice crystallization/melting. *Cryobiology*, 43(3), 199–210. <https://doi.org/10.1006/cryo.2001.2345>

Apéndice I: Conocimientos previos

Algunas propiedades físicas de las disoluciones difieren marcadamente de las del disolvente puro. Por ejemplo, el agua pura se congela a 0°C, pero las disoluciones acuosas se congelan a temperaturas más bajas. Se añade etilenglicol al agua del radiador de los automóviles como anticongelante, para bajar el punto de congelación de la disolución. Esto

también hace que el punto de ebullición de la disolución se eleve por encima del agua pura, lo que permite el funcionamiento del motor a temperaturas más altas. El abatimiento del punto de congelación y la elevación del punto de ebullición son ejemplos de propiedades físicas de las disoluciones que dependen de la cantidad de partículas de soluto. Tales propiedades se denominan propiedades coligativas (*coligativo* significa que depende del efecto colectivo del número de partículas de soluto). Además del abatimiento del punto de fusión y la elevación del punto de ebullición, hay otras dos propiedades coligativas: la reducción de la presión de vapor y la presión osmótica.

1. Investigar los conceptos de soluto, disolvente y disolución.
2. Explicar que es una disolución ideal de no electrolito y de electrolito fuerte.
3. Definir el término molalidad e indicar qué unidades tiene.
4. Explicar de qué factores dependen las propiedades coligativas de disoluciones.
5. Explicar que es una curva de enfriamiento y cuál es su utilidad.
6. Investigar qué diferencia existe entre las propiedades coligativas de disoluciones de no electrolitos y de electrolitos.
7. Explicar qué es el factor de van't Hoff.
8. Calcular los gramos de (a) urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, (b) dextrosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), (c) NaCl , (d) CaCl_2 , que hay que adicionar a 10 g de agua para obtener las soluciones con las siguientes concentraciones molales (Tabla 1).

Tabla 1. Preparación de soluciones. Cantidad de soluto (g) en 10 g de agua.

m (mol/kg)	Urea (g)	Glucosa (g)	NaCl (g)	CaCl_2 (g)
0.15				
0.30				
0.45				
0.60				

Apéndice II: Preparación de reactivos

En la tabla siguiente se indica la masa de cada uno de los solutos requerida para preparar las disoluciones de no electrolitos y electrolitos, considerando 10 g de agua:

Concentración (m)	Masa para 10 mL de H ₂ O			
	Urea (60 g/mol)	Glucosa (180.2 g/mol)	NaCl (58.5 g/mol)	CaCl ₂ .H ₂ O (147 g/mol)
0.25	0.15 g	0.450 g	0.146 g	0.3675
0.5	0.3 g	0.901 g	0.292 g	0.735
0.75	0.45 g	1.352 g	0.429 g	1.1025
1.0	0.6 g	1.802 g	0.584 g	1.47

Cada disolución se prepara colocando el soluto en un vaso de precipitados y adicionando 10 mL de agua, medidos con una pipeta graduada de 10 mL.

Apéndice III: Disposición de residuos

Las disoluciones preparadas se pueden reutilizar las veces que sea conveniente o se puede recuperar el soluto para su reutilización. En este último caso, se requiere realizar un procedimiento de recristalización simple, a través de la evaporación del agua.

ANEXOS

- a) Reglamento de Higiene y Seguridad para los Laboratorios de la Facultad de Química.
- b) Reglamento para los Estudiantes y Profesores de los Cursos Experimentales del Departamento de Físicoquímica.